

COROTATING INTERACTION REGION YANG TERKAIT DENGAN LUBANG KORONA TANGGAL 22 AGUSTUS 2010

Clara Y. Yatini
Peneliti Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa, LAPAN
email: clara@bdg.lapan.go.id

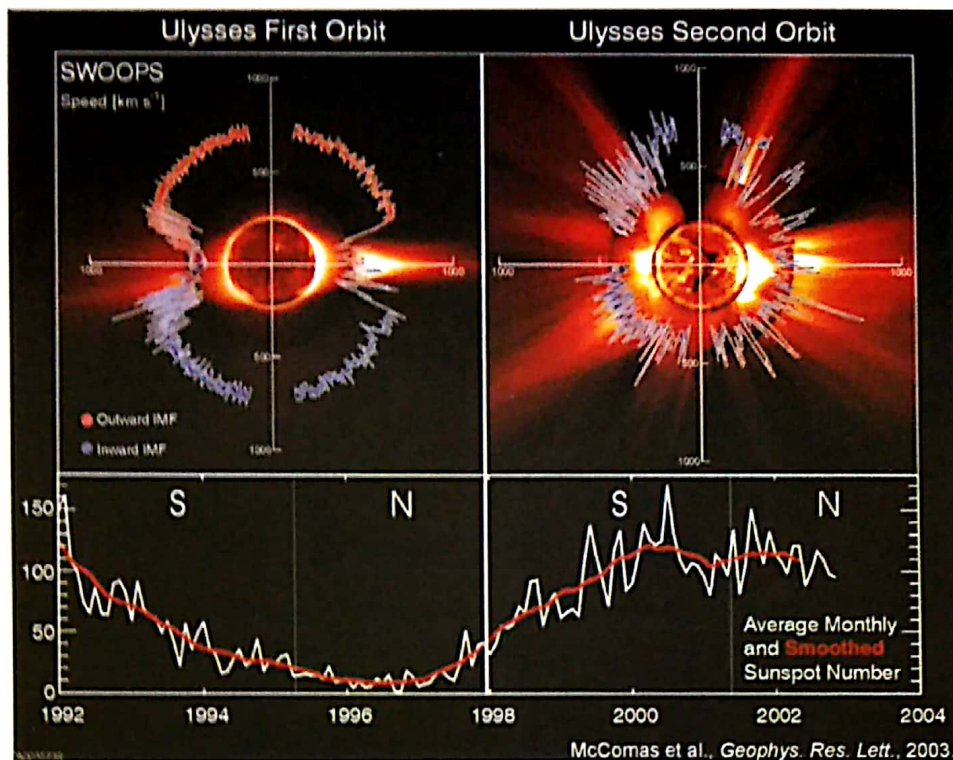
RINGKASAN

Lubang korona yang terjadi di Matahari tanggal 20 Agustus 2010, yaitu pada saat aktivitas Matahari minimum di awal siklus ke-24, terkait dengan adanya fenomena *Corotating Interaction Region* (CIR) pada profil angin surya beberapa hari sesudah munculnya lubang korona tersebut. Profil angin surya menunjukkan adanya daerah interaksi antara angin surya yang cepat dan lambat pada tanggal 23 Agustus 2010. Daerah interaksi ini memisahkan angin surya yang mempunyai kecepatan dan kerapatan tinggi dengan angin surya yang mempunyai kecepatan tinggi dan kerapatan rendah. Daerah interaksi ini juga ditandai dengan kenaikan temperatur dengan cepat, yang juga merupakan profil dari CIR.

1 PENDAHULUAN

Angin surya merupakan akibat dari ekspansi korona Matahari yang sangat panas (Parker, 1963). Pada fasa menurun dan di sekitar aktivitas minimum, variabilitas angin surya terbatas pada daerah di dekat ekuator Matahari (Gosling *et al.*, 1995), sedangkan pada lintang tinggi kecepatannya sekitar 750 km/detik (Phillips *et al.*, 1994). Hal ini digambarkan pada Gambar 1-1, yang menunjukkan kecepatan angin surya yang bergantung pada lintang Matahari. Variasi ini diukur oleh satelit Ulysses selama rentang waktu dari Februari 1992 sampai dengan Desember 1997 pada saat fasa turun dan pada saat minimum aktivitas Matahari siklus ke-22. Rentang daerah dengan angin surya yang bervariasi pada rentang waktu tersebut berada pada lintang $\pm 20^\circ$ sampai $\pm 35^\circ$. Pada waktu mendekati aktivitas maksimum rentang daerah ini makin lebar.

Gambar 1-1 memperlihatkan plot kecepatan angin surya sebagai fungsi lintang. Pada saat aktivitas Matahari minimum (gambar kiri) lubang korona yang terletak di dekat kutub akan mengakibatkan aliran angin surya yang cepat dan renggang, sedangkan daerah di dekat ekuator yang mempunyai medan magnet tertutup akan menghasilkan angin surya yang lambat dengan kerapatan tinggi. Sehingga pada gambar sebelah kiri ini terlihat bahwa kecepatan angin surya tidak seragam. Yang berkecepatan tinggi berasal dari daerah kutub, sedangkan yang kecepatannya rendah terdistribusi di sekitar ekuator. Pada saat Matahari maksimum (gambar kanan) lubang korona yang terletak di lintang rendah akan menghasilkan angin surya yang kecepatannya bervariasi, dan distribusi kecepatan angin surya di seluruh lintang Matahari tampak lebih merata.

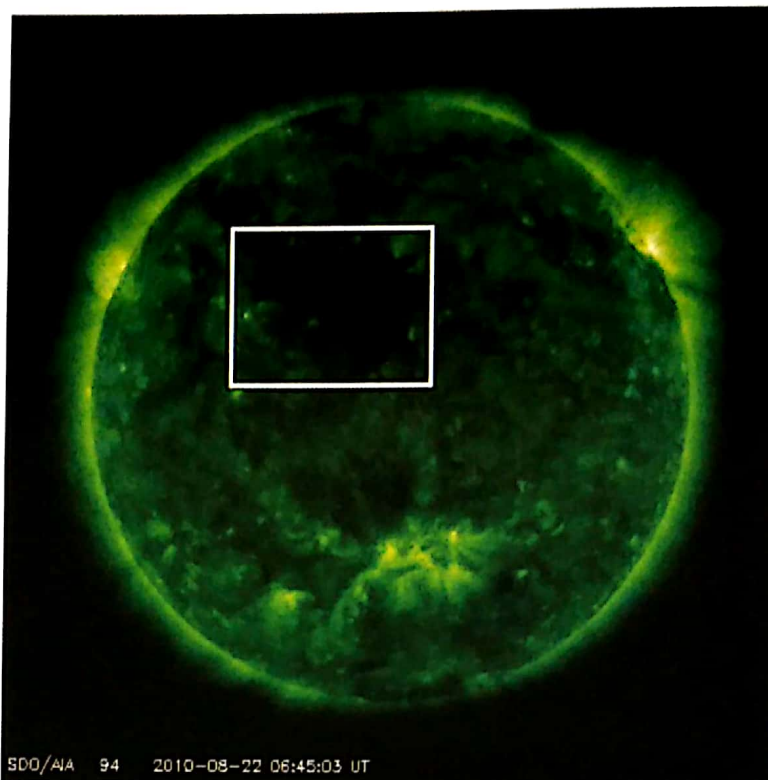


Gambar 1-1: Kecepatan angin surya yang bervariasi terhadap lintang Matahari. Pada gambar kiri adalah pada saat minimum dan sebelah kanan pada saat maksimum aktivitas Matahari. (McComas *et al.*, 2003)

Bila Matahari berotasi maka aliran materi dengan kecepatan tinggi akan bergabung di lintang rendah. Angin yang cepat ini akan menumbuk angin yang lambat. Karena plasma ini berasal dari tempat yang berbeda di Matahari pada saat yang berbeda pula, maka plasma ini diikat oleh medan magnet yang berbeda juga. Akibat tumbukan tersebut maka akan terbentuk daerah yang terkompresi dengan kecepatan tinggi. Karena daerah yang terkompresi ini juga berotasi bersama dengan Matahari, maka daerah ini disebut sebagai *Corotating Interaction Region* (CIR). CIR dapat mengakibatkan munculnya badai geomagnet (Zhang *et al.*, 2003) karena partikel dalam angin surya dapat dipercepat oleh adanya gelombang kejut dalam CIR ini, sehingga perlu memahami keberadaan CIR di ruang antarplanet.

Pada 22 Agustus 2010 *Solar Dynamics Observatory* (SDO) memperoleh citra adanya lubang korona di Matahari (Gambar 1-2). Lubang korona (*coronal hole*) adalah daerah di Matahari yang

mempunyai kerapatan plasma yang rendah, umumnya 100 kali lebih rendah dari bagian korona yang lain (Cranmer, 2002). Lubang korona ini mempunyai medan magnet terbuka ke heliosfer, artinya garis-garis medan magnet yang berasal dari lubang korona mengarah keluar atau menjauh dari Matahari, dan tidak kembali lagi ke fotosfer. Atom dan elektron terionisasi akan mengalir sepanjang medan magnet terbuka ini dan merupakan komponen angin surya yang kecepatannya tinggi (Nolte *et al.*, 1976). Oleh karena itu lubang korona terkait dengan aliran angin surya yang kecepatannya tinggi dan kerapatan rendah. Tujuan dari makalah ini adalah untuk mengetahui kaitan lubang korona dengan CIR. Untuk itu maka perlu diketahui profil angin surya yang terjadi setelah munculnya lubang korona tersebut. Profil angin surya ini akan dianalisis apakah profilnya menunjukkan karakteristik dari CIR, seperti yang akan diuraikan dalam bab berikutnya.



Gambar 1-2: Citra Matahari tanggal 22 Agustus 2010. Bagian yang diberi tanda kotak adalah lubang korona. (Sumber: *Solar Dynamics Observatory*)

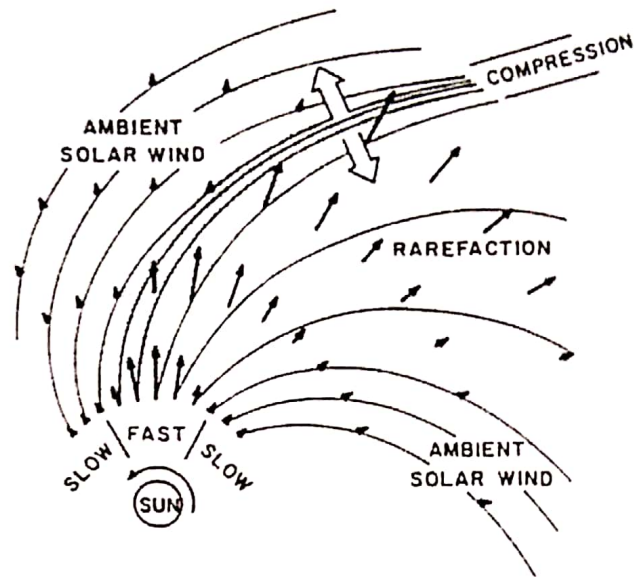
2 PEMBENTUKAN COROTATING INTERACTION REGION

Angin surya pada lintang rendah Matahari seringkali terbagi menjadi aliran partikel yang mempunyai kecepatan tinggi dan rendah, terutama pada saat fasa turun aktivitas Matahari. Kecepatan angin surya bervariasi antara 300 sampai 800 km/detik, bergantung pada kondisi korona yang merupakan sumbernya. Partikel yang berkecepatan rendah berasal dari daerah di atas *helmet streamer*, sedangkan yang berkecepatan tinggi berasal dari lubang korona (*coronal hole*). Bila plasma angin surya mengalir secara radial dari Matahari, maka aliran partikel ini tampak ikut berotasi dengan Matahari sehingga akan menghasilkan pola angin surya yang menyerupai spiral. Makin jauh jaraknya dari Matahari, aliran partikel yang cepat akan mendahului angin surya yang lebih lambat, dan akan membentuk daerah yang disebut sebagai CIR.

CIR adalah suatu area yang merupakan bagian dari angin surya. CIR di ruang antarplanet terbentuk karena

angin surya yang berkecepatan tinggi berinteraksi (bertumbukan) dengan aliran partikel yang berkecepatan rendah (Hundhausen, 1973; Hundhausen dan Gosling, 1976). Karena adanya kecepatan yang berbeda, maka aliran materi yang cepat dapat menumbuk aliran materi yang lebih lambat, dan akan menghasilkan gelombang kejut yang akan membuat gerakan partikel menjadi sangat cepat. Pada Gambar 2-1 diperlihatkan skema dari CIR. Medan magnet dari aliran materi yang lebih lambat akan lebih melengkung dari pada yang lebih cepat. Medan magnet yang kuat akan dihasilkan pada *interface* (IF) antara angin Matahari yang lambat dan cepat. CIR terletak diantara *forward shock* (FS) dan *reverse shock* (RS). Gosling *et al.* (1995) memodelkan konfigurasi CIR ini dengan pola angin Matahari yang cepat, dengan temperatur tinggi dan kerapatan plasma yang rendah yang mengikuti pola angin Matahari yang lambat, temperatur rendah, dan kerapatan yang tinggi.

COROTATING FLOW (INERTIAL FRAME)



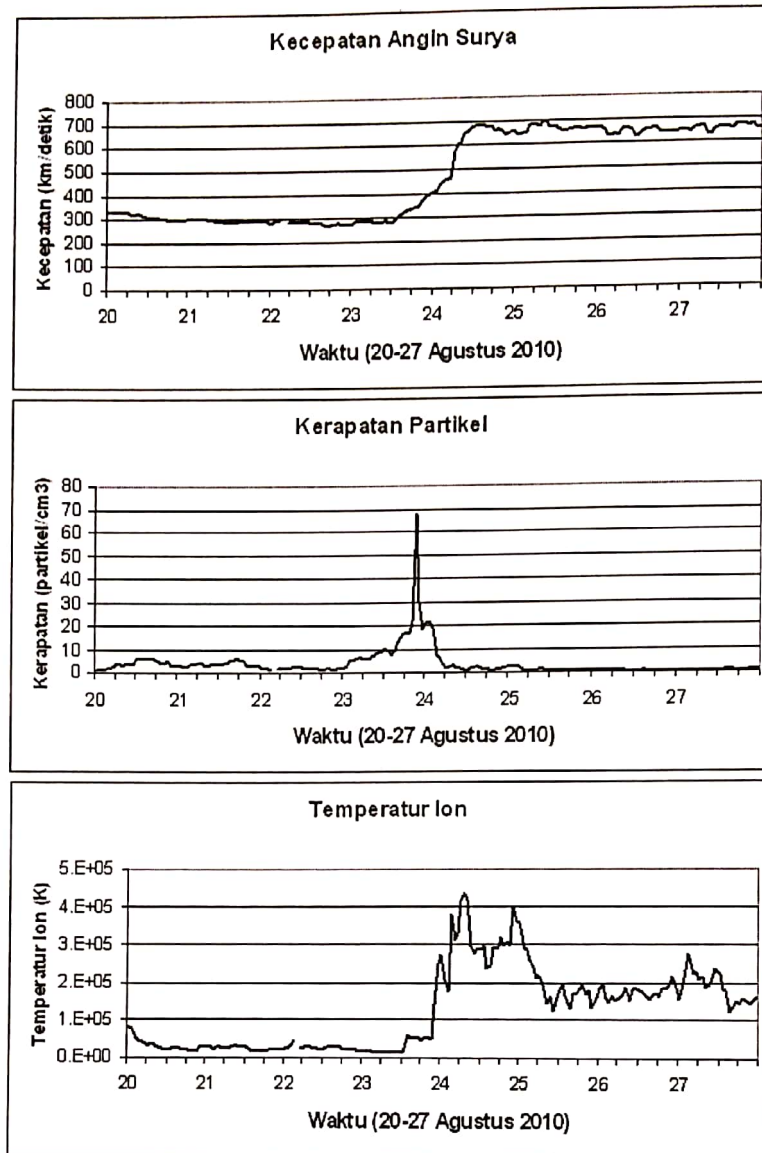
Gambar 2-1: Ilustrasi skematik *Corotating Interaction Region* di bidang ekuatorial Matahari (Pizzo, 1978). Medan magnet plasma yang berkecepatan rendah tampak lebih melengkung dari pada medan magnet plasma yang lebih cepat

3 PROFIL ANGIN SURYA

Untuk mengetahui apakah lubang korona yang terjadi tanggal 22 Agustus 2010 terkait dengan CIR, maka akan dilihat profil angin surya di sekitar hari tersebut. Menurut Gosling *et al.* (1995) yang dapat menunjukkan profil CIR adalah kecepatan, kerapatan, dan temperatur ion. Oleh sebab itu pada Gambar 3-1 diperlihatkan profil angin surya yang terdiri dari kecepatan, kerapatan, dan temperatur ion dari tanggal 20 – 27 Agustus 2010.

Pada gambar tersebut profil kecepatan (panel atas) menunjukkan adanya peningkatan kecepatan yang besar dari 300 km/detik menjadi lebih dari 600 km/detik pada tanggal 24 Agustus. Pada panel tengah yang menunjukkan kerapatan terjadi lonjakan

kerapatan yang tinggi pada 23 Agustus jam 21 UT, yang kemudian turun lagi dengan cepat, sedangkan pada profil temperatur (panel bawah) kenaikan dengan cepat juga terjadi pada awal 24 Agustus 2010. Dengan melihat pola ketiganya dapat terlihat bahwa pada awalnya, yaitu tanggal 23 Agustus kecepatan angin surya rendah dan temperatur yang rendah, tetapi memiliki kerapatan yang tinggi. Pola ini kemudian segera diikuti oleh kecepatan dan temperatur yang tinggi, sementara kerapatannya menjadi rendah. Pola seperti ini menurut Gosling *et al.* (1995) merupakan karakteristik dari CIR. Interaksi kedua plasma dengan kecepatan berbeda terlihat pada 23 Agustus sekitar jam 21 UT, yaitu saat naiknya kerapatan dalam angin surya.



Gambar 3-1: Profil angin surya tanggal 20 – 27 September 2010. Dari atas ke bawah: kecepatan, kerapatan, dan temperatur ion. (Sumber: *Advanced Composition Explorer*)

4 PENUTUP

Pada 22 Agustus 2010 terlihat adanya lubang korona yang diamati oleh satelit *Solar Dynamic Observatory*. Lubang korona ini ternyata menyebabkan naiknya kecepatan angin surya. Berdasarkan profil angin surya yang ditelaah, ternyata profilnya menunjukkan bahwa ada keterkaitan dengan fenomena *Corotating Interaction Region* (CIR). Lubang korona ini tampak pada saat aktivitas Matahari minimum, yaitu pada awal siklus ke 24. Hal ini sesuai dengan yang disampaikan oleh Kunow

(1999) bahwa CIR umumnya terjadi pada saat aktivitas Matahari minimum dan pada fasa turun siklus aktivitas Matahari.

DAFTAR RUJUKAN

- Advanced Composition Explorer, <http://www.srl.caltech.edu/ACE/>.
- Cranmer, S.R., 2002. *Coronal Holes and the High-Speed Solar Wind*, *Space Sci. Rev.*, 101, 229.
- Gosling, J.T., Bame, S.J., Fekelman, W.C., McComas, D.J., Phillips, J.L., Goldstein, B.E., Neugebauer, M.,

- Burkepile, J., Hundhausen, A.J., Acton, D., 1995. *The Band of Solar Wind Variability at Low Heliographic Latitude near Solar Activity Minimum: Plasma Results from the Ulysses Rapid latitude Scan*, *Geophys. Res. Lett.*, 22, 3329.
- Hundhausen, A.J., 1973. *Non Linear Model of High Speed Solar Wind*, *J. Geophys. Res.* 78, 1528.
- Hundhausen, A.J., Gosling, J. T., 1976. *Solar Wind Structure at Large Heliocentric Distances: An Interpretation of Pioneer 10 Observation*, *J. Geophys. Res.* 81, 1436.
- Kunow, H., 1999. *Corotating Interaction Region in the Heliosphere: Workshop Report*, International Cosmic Ray Conference 6, 524.
- McComas, D.J., Elliott, H.A., Schwadron, N.A., Gosling, J.T., Skoug, R.M., Goldstein, B.E., 2003. *The Three Dimensional Solar Wind Around Solar Maximum*, *Geophys. Res. Lett.* 30, 1517.
- NASA's Cosmos, [http:// www. ase. tufts. edu/](http://www.ase.tufts.edu/).
- Nolte, J.T., Krieger, A.S., Timothy, A.F., Gold, R.E., Roelof, E.C., Vaiana, G., Lazarus, A.J., Sullivan, J.D., McIntosh, P.S., 1976. *Coronal Holes as Sources of Solar Wind*, *Solar Phys.* 46, 303.
- Parker, E.N., 1963. *Interplanetary Dynamical Processes*, John Wiley, New York.
- Phillips, J.L., Balogh, A., Bame, S.J., Goldstein, B.E., Gosling, J.T., Hoelsema, J.T., McComas, D.J., Neugebauer, M., Sheeley, N.R., Wang, Y.M., 1994, *Ulysses at 50° South: Constant Immersion in the High Speed Solar Wind*, *J. Geophys. Res.* 21, 1105.
- Pizzo, V.J., 1978. *A Three Dimensional Model of Corotating Streams in the Solar Wind-I. Theoretical Foundations*, *J. Geophys. Res.* 83, 5563.
- Solar Dynamics Observatory, [http:// sdo.gsfc.nasa.gov/](http://sdo.gsfc.nasa.gov/).
- Zhang, J., et al., 2003. *Identification of Solar Sources of Major Geomagnetic Storms between 1996 and 2000*, *Astrophys. J.* 582, 520